



Instabilités de voilement des panneaux en lamellé-croisé

Olivier Perret, Cyril Douthe, Arthur Lebée, Karam Sab

► To cite this version:

Olivier Perret, Cyril Douthe, Arthur Lebée, Karam Sab. Instabilités de voilement des panneaux en lamellé-croisé. Journée Scientifique du Groupe de Recherche 3544 Sciences du Bois, Nov 2014, Nancy, France. <hal-01135554>

HAL Id: hal-01135554

<https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01135554>

Submitted on 25 Mar 2015

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Instabilités de voilement des panneaux en lamellé-croisé

Olivier PERRET¹, Cyril DOUTHE², Arthur LEBEE¹, Karam SAB¹

Contact : olivier.perret@enpc.fr, cyril.douthé@ifsttar.fr, arthur.lebee@enpc.fr, karam.sab@enpc.fr

¹Université Paris-Est, Laboratoire Navier (UMR 8205), CNRS, ENPC, IFSTTAR, F-77455 Marne-la-Vallée, France

²Université Paris-Est, IFSTTAR

Contexte et Objectifs

Les panneaux en bois lamellé croisé (CLT – Cross Laminated Timber) sont des éléments multicouches dont les plis sont alternativement croisés à 90° et collés sur leurs faces supérieures et inférieures (cf Fig 1). Ils sont de plus en plus utilisés pour construire des bâtiments de grande hauteur du fait de leur légèreté et de leur facilité d'assemblage.

Dans les couches transversales, le module de cisaillement roulant G_{RT} (radial-tangentiel) est mis en jeu. Ce module étant très faible, il pourrait conduire à un assouplissement dans la structure et donc à un voilement prématuré en cas de chargement dans le plan.



Objectifs

- Evaluer les ordres de grandeur du phénomène en effectuant une étude numérique 3D par le logiciel d'éléments finis Abaqus : influence du module de cisaillement roulant GRT et des conditions aux limites ;
- Etudier le voilement des panneaux en lamellé-croisé en utilisant les théories des plaques de Kirchhoff et de Reissner par résolution analytique et numérique ;
- Comparer les résultats analytiques et numériques afin de tester l'applicabilité des théories des plaques pour le cas du voilement des panneaux en CLT.

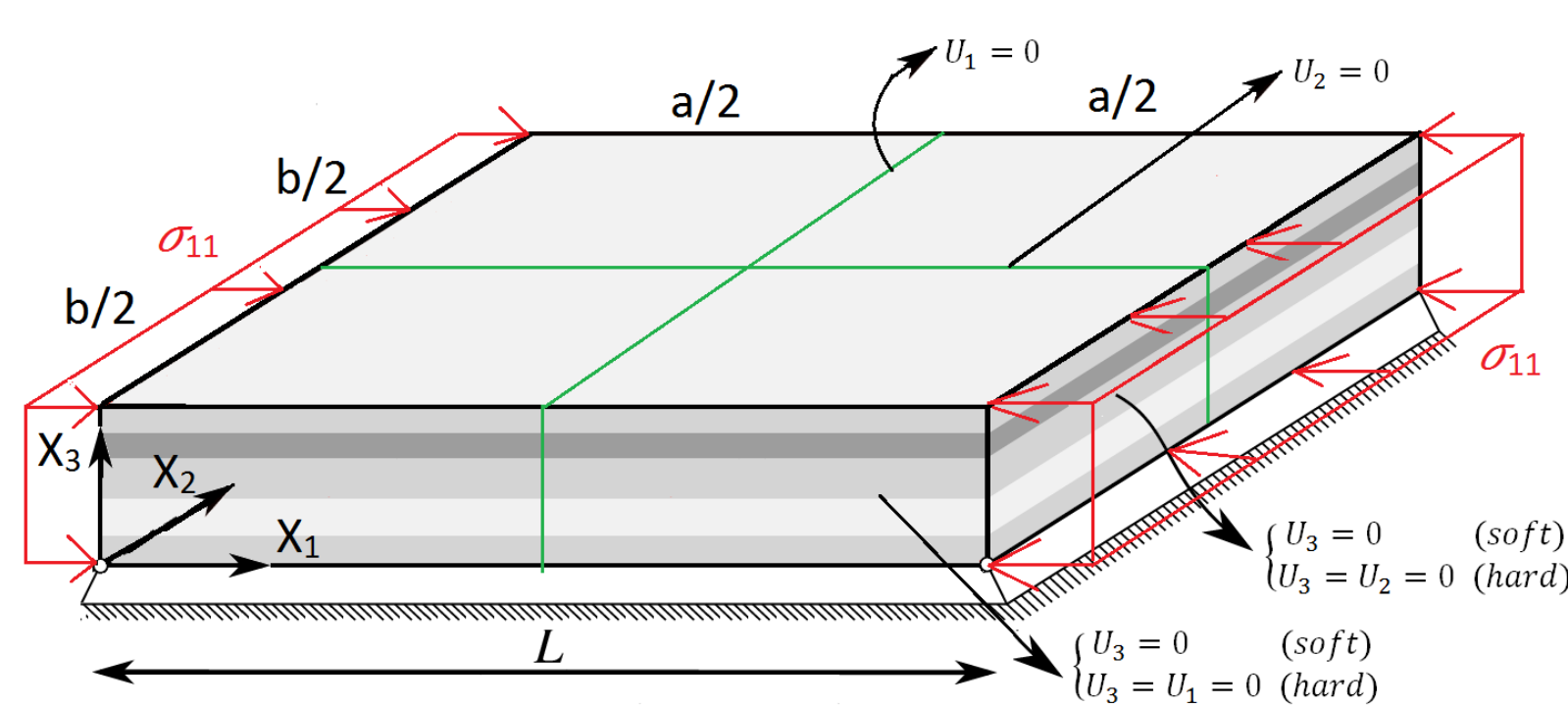
Etude numérique 3D

Modélisation

Caractéristique	E_L	E_R	E_T	G_{LR}	G_{LT}	G_{RT}	ν_{LR}	ν_{LT}	ν_{RT}
Valeur utilisée	10991	716	435	682	693	22-50	0,42	0,48	0,50

Caractéristiques mécaniques de l'essence Epicéa commun (G et E en Mpa, ν sans unité)

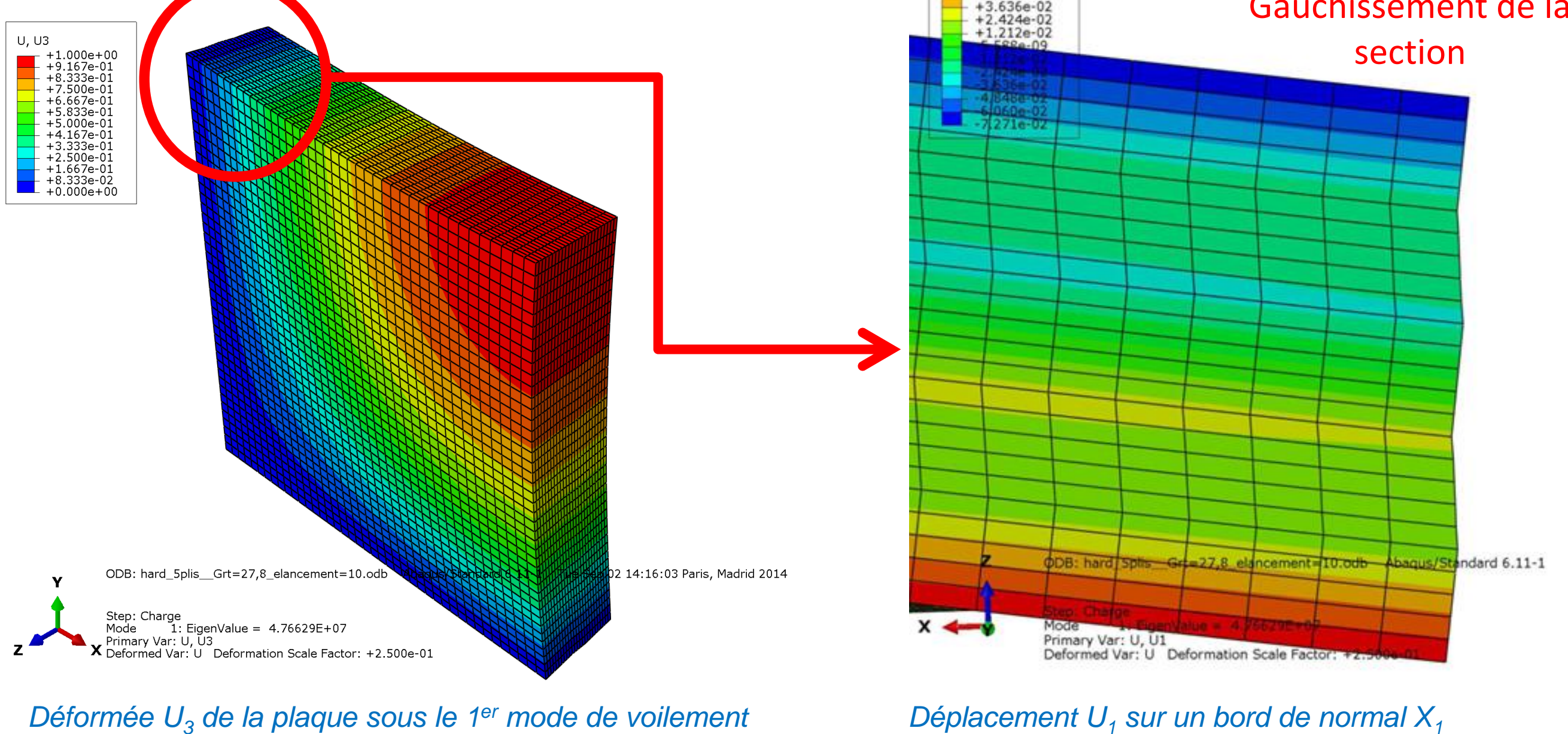
- Un quart de plaque modélisé afin de diminuer le nombre d'éléments : utilisation des axes de symétrie ;
- Charge σ_{11} uniforme et unilatérale dans le sens X_1 ;
- Plaque simplement appuyée sur ses 4 appuis : 2 cas possibles en 3D.



Conditions aux limites	Surface $X_1=0$	Surface $X_1=a/2$	Surface $X_2=0$	Surface $X_2=b/2$
Hard simple support	$U_3=U_2=0$	$U_1=0$	$U_3=U_1=0$	$U_2=0$
Soft simple support	$U_3=U_1=0$	$U_2=0$	$U_3=U_2=0$	$U_1=0$

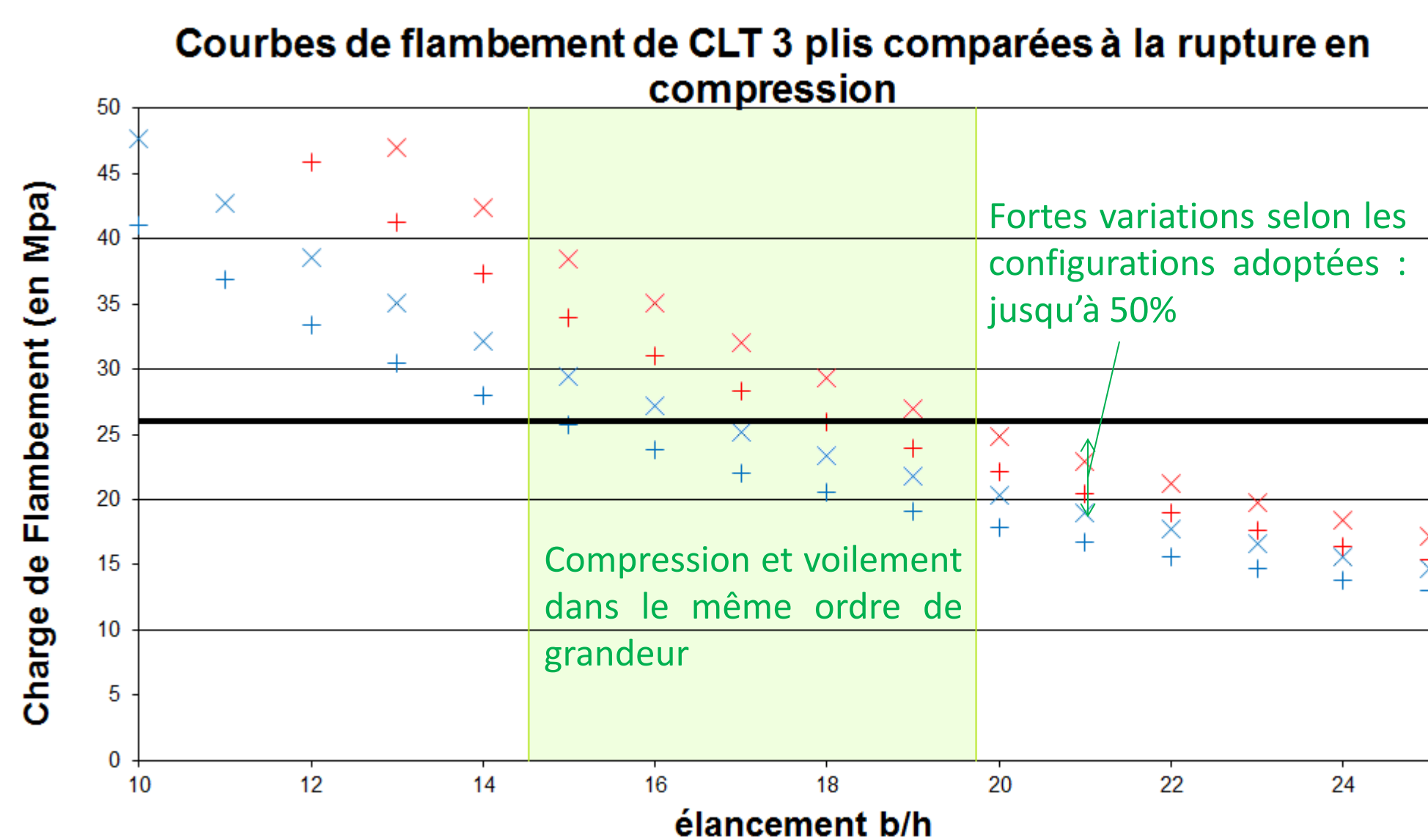
Récapitulatif des conditions aux limites hard et soft simple support modélisées

Résultats



Déformée U_3 de la plaque sous le 1^{er} mode de voilement

Déplacement U_1 sur un bord de normal X_1



Le dimensionnement du flambement des panneaux en CLT est une nécessité. Le calcul numérique 3D étant trop lourd, une simplification à un modèle de plaque est nécessaire. Qualitativement, les résultats montrent qu'une prise en compte du cisaillement hors plan est nécessaire.

Sources

¹Lebée, A. Sab, K.(2011) A Bending-Gradient model for thick plates. Part I: Theory. International Journal of Solids and Structures 48(20), pp. 2878-2888

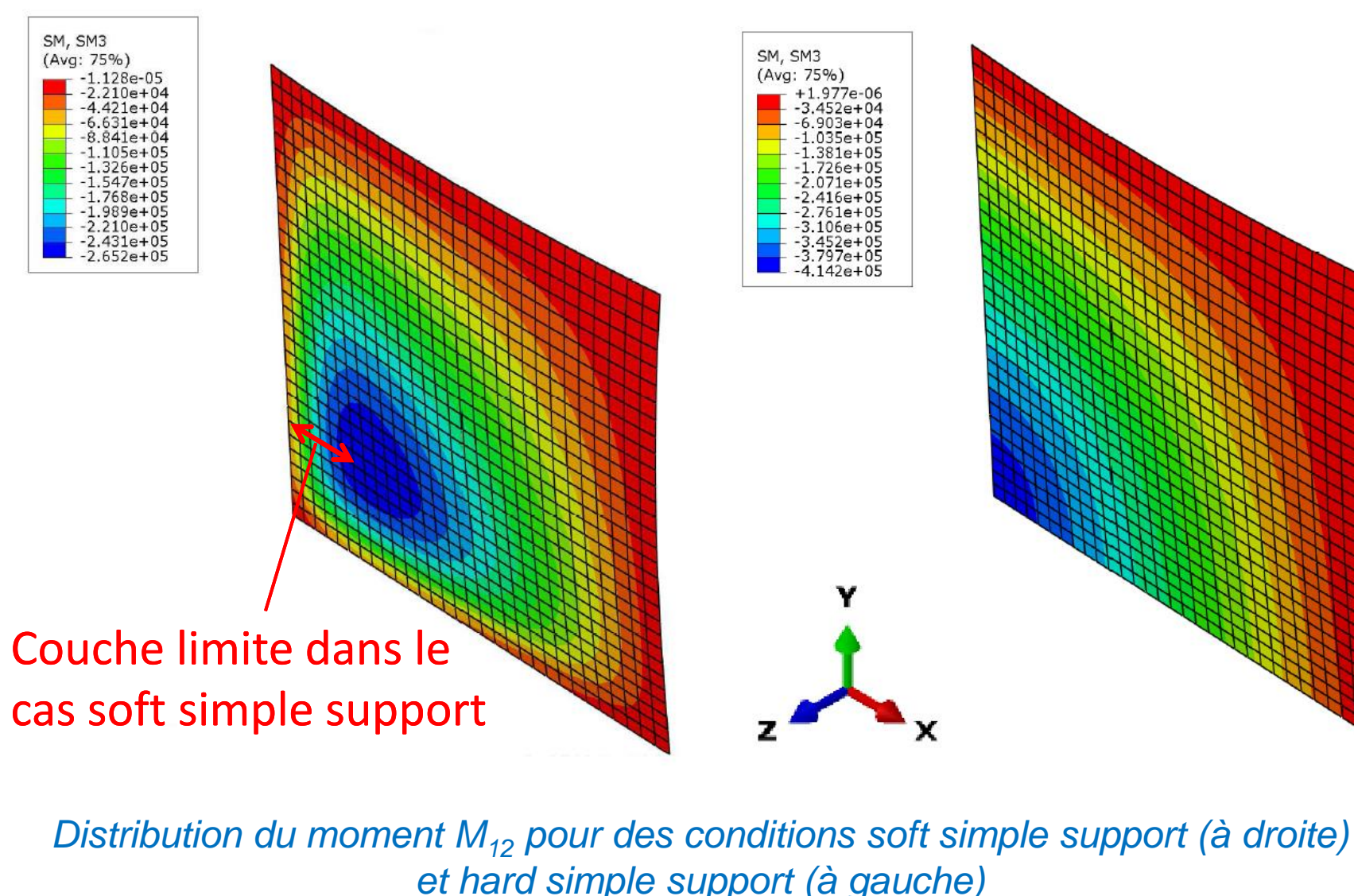
²Bazant, Z.P. Cedolin, L.(1991) Stability of Structures: Elastic Inelastic, Fracture and Damage Theories. Oxford University Press. p, 1011 pages

Résolution analytique/numérique 2D

$$\begin{cases} M_{\alpha\beta} = D_{\alpha\beta\gamma\delta} \varphi_{\gamma,\delta} \\ M_{\alpha\beta,\gamma} = F_{\alpha\gamma} (U_{3,\gamma} + \varphi_{\gamma}) \\ M_{\alpha\beta,\alpha\beta} = N_{11} U_{3,11} \end{cases} \begin{cases} \text{Loi de comportement en flexion et en cisaillement} \\ \text{d'une plaque de Reissner} \\ \text{Equilibre d'une plaque pour un problème de flambement} \end{cases}$$

Problème de stabilité d'une plaque épaisse $(\alpha, \beta, \gamma, \delta) \in \{1, 2\}^4$

- Identification des raideurs de plaque homogénéisée par la théorie du Bending-Gradient (Lebée et Sab¹) : F la raideur en cisaillement et D la raideur de flexion ;
- Résolution analytique du problème aux valeurs propres obtenu pour les plaques épaisses / plaques minces (cas $F^{-1}=0$).



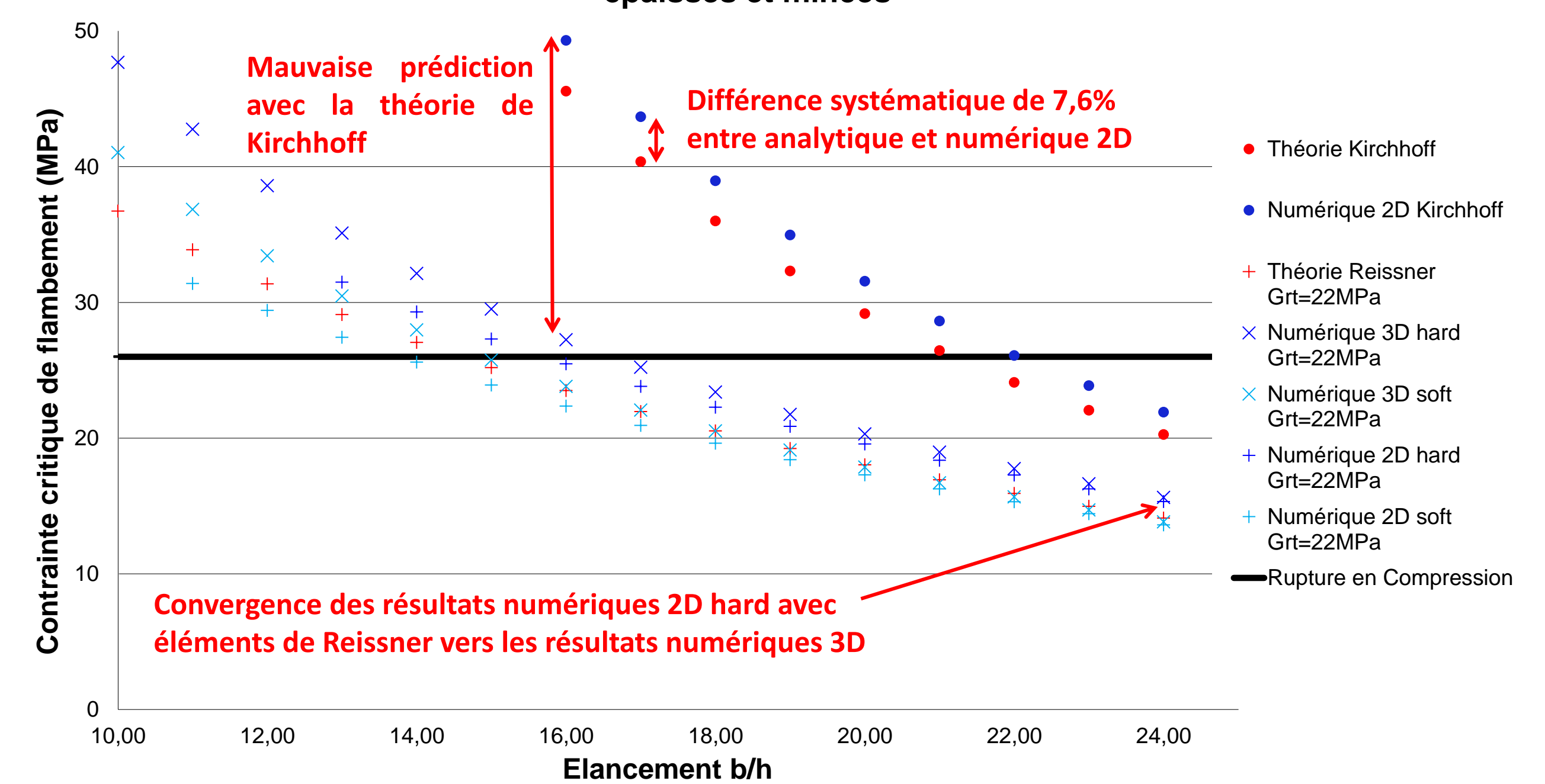
Couche limite dans le cas soft simple support

Distribution du moment M_{12} pour des conditions soft simple support (à droite) et hard simple support (à gauche)

La couche limite est provoquée par la liberté de rotation locale dans le plan (cas soft simple support). On ne peut l'observer que dans le cas de plaques épaisses : les panneaux en CLT doivent donc être considérés comme tels.

Comparaison analytique/numérique

Comparaison des résultats numériques 2D et 3D aux théories de plaques épaisses et minces



Conclusion et perspectives

- L'étude 3D a montré la nécessité de développer la théorie des plaques : contraintes de flambement proches de la rupture en compression + fortes variations (conditions aux limites ; Cisaillement roulant)
- La théorie des plaques épaisses donne une bonne estimation du problème de voilement des plaques en lamellé-croisé (cependant la théorie de Kirchhoff est insuffisante)
- Possibilité d'étendre la théorie du Bending-Gradient au problème des instabilités de voilement
- Imperfections à prendre en compte à travers des coefficients de sécurité (études expérimentales à mener)
- Conséquences de la durée de la charge / Evolution du module G_{RT} dans le temps